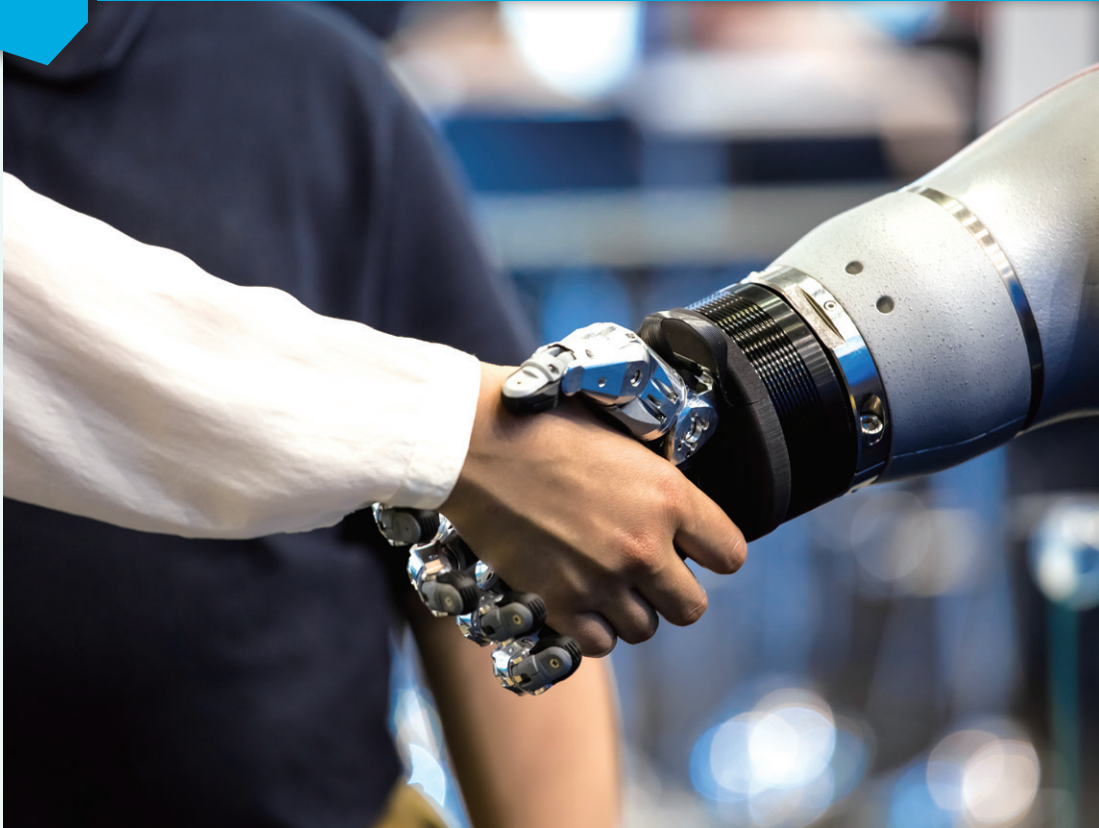


因應產業人機協作新趨勢對勞動環境及勞動權益之影響與展望 專家學者諮詢會議紀要報導

特聘記者 林怡慧彙整



在數位科技發展下，邁向人機協作已為新趨勢，不僅帶動企業轉型，也促使產業多元化應用，對於勞動環境及勞動權益保障產生重大影響。為即時蒐集各界對於本議題之看法及建議，並強化掌握國內外當前重要勞動情勢發展，勞動部於今（110）年1月22日下午3時，由綜合規劃司司長王厚誠主持召開「因應產業人機協作新趨勢對勞動環境

及勞動權益之影響與展望」專家學者諮詢會議，特邀請機械實務領域專家學者工業技術研究院機械與機電系統研究所長胡竹生、臺灣大學機械工程學系教授黃漢邦、中興大學電機工程學系教授蔡清池、原見精機股份有限公司董事長蘇瑞堯；勞動法及勞動關係領域專家學者東吳大學法律學系教授王煦棋、中國文化大學勞動暨人力資源學系教授李健鴻、臺灣大學國

家發展研究所副教授辛炳隆、政治大學法律學系副教授林佳和（依姓氏筆畫排序），以及相關業務同仁共同與會。

會議首先邀請董事長蘇瑞堯擔任引言人，以「國際與臺灣人機協作發展脈絡、現況、產業界運用」為題引言，其中綜合座談並就相關議題進行探討，廣泛交換意見，同時歸納本次會議專家學者所提意見，做為勞動部後續進行內部討論人機協作對於勞動環境及權益影響之因應政策參考，期望未來共同打造安穩、安心、安全的新型態職場環境。

壹、前言

數位科技的快速發展，利用物聯網、感測技術連結萬物，帶動機械與機械、機械與人之間的相互溝通，同時也帶動工業 4.0 的

興起，為產業帶來多樣的製造模式。然而，臺灣產業偏屬輕製造業，通常傾向「人力彈性」、「把人當機器來用」的製造樣態，以智慧工廠來說，工廠自動化生產線大多偏向「人機分工」，也就是各別分開勞動者與機器人的製造場域，生產期間各司其職無須互動。過往經常聽到的「無人工廠」、「關燈工廠」，即是完全以機器進行大量生產、標準化的供應鏈，是機器人與勞動者實體隔離的作業模式。雖然自動化技術可以提高生產效率，但隨著少量多樣、彈性生產需求席捲製造業，傳統生產模式慢慢轉為接獲訂單才開始生產製作的按需製造模式。為因應市場變化，人機協作的製造模式也開始被廣泛討論。

所謂人機協作，是指勞動者與協作機器



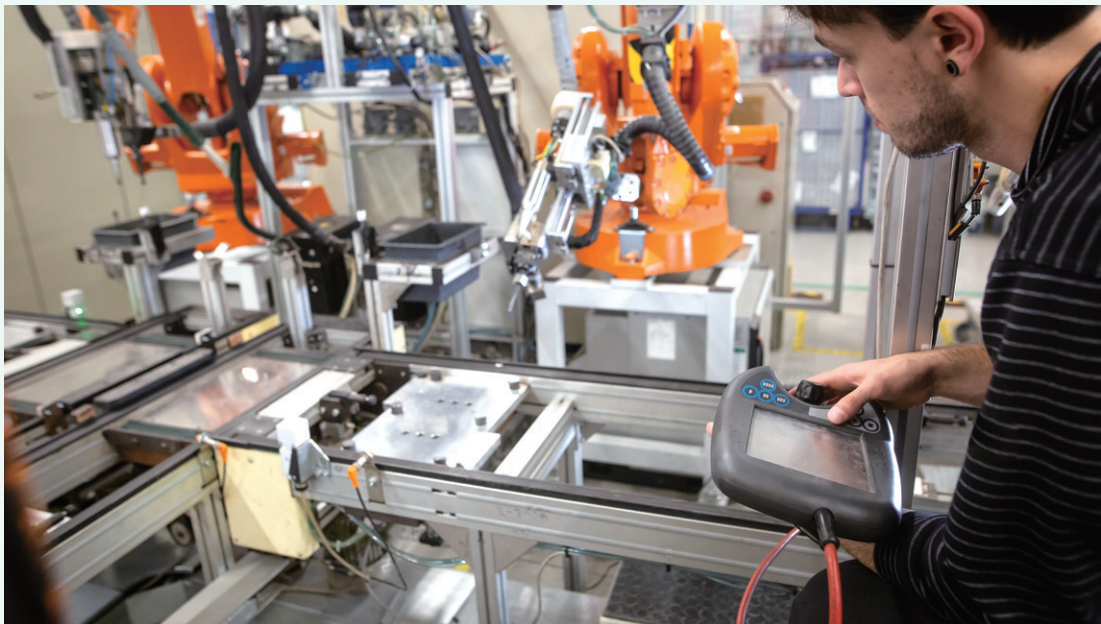
原見精機股份有限公司董事長蘇瑞堯引言說明人機協作現況

人在特定應用中，必須同一時間在同一工作區內互動，例如協作機器人與勞動者同時對一個零件執行不同任務。透過人機協作的模式，勞動者與機器可以透過經驗及工作交流，機器可依據人類導入的資訊及流程執行作業，人類再根據機器產出的成果進行調整。不同比例混合的人機協同作業，兼具人的彈性思考、靈活判斷，以及協作機器人的精準度與品質，可以大幅縮短工作時程，提高準確度。整合兩大優點的人機協作，將成為未來智慧工廠的製造概念。

貳、人機如何安全互動，是最大挑戰

2020 年全世界導入人機協作的比例約 5%，未來 5 年內有協同作業需求的場域將成長至 23%。當人機協作場域越來越普及，協作機器人如何安全地與人類互動，將成為最大挑戰。2017 年從工業技術研究院獨立

出來的新創公司 - 原見精機股份有限公司董事長蘇瑞堯表示，人機協作必須考量「空間共存」與「時間共存」，意即當勞動者與協作機器人或類機器人裝置處在同一空間互動時，需要考量時間先後的問題，例如是協作機器人先進入同一空間，或與勞動者同時進入同一空間。所長胡竹生認為，當未來導入協作機器人操作重載工作的製造模式，或是操作高能焊接等具有危險性的工作，要如何規範機器人操作的工作強度，則是新的討論議題。所長胡竹生進一步指出，未來也須進行外部裝置 (Peripheral) 的研究，意即有無可能因機器人的動作，導致機器人的外部裝置影響勞動者的安全與健康，例如當勞動者接近正在進行高能焊接的協作機器人時，機器人需要減緩動作或是降低工作強度等，都是值得探討的議題。



針對機械類的安全性，國際標準化組織（ISO）制定多項標準，來維護勞工在職場的工作安全，人機接觸的所有安全條件，皆可參考 ISO 國際標準來做為指導原則。常見的人機安全標準，例如 ISO 12100 規範機械安全的生產原則，目標是定義基本危險，作為機械設計人員辨識相關風險的標準；ISO 13849 是規範機械設備的安全相關控制系統的主要標準；ISO 10218 則規範工業機器人的基本安全設計、防護措施與使用資料的要求與準則，並提出如何消除或充分地減少危害所須達到的要求。而 ISO 15066 為協作機器人相關的技術規範，內容包含安全設計原則，例如在佈局設計時應考慮協作時的工作空間、通道與間隙，與人機介面等，確保勞動者與機器人在協同作業環境下的人身安全。

此外，ISO 15066 技術規範也列出了 4 種協作模式，針對意外的發生狀況，每項模式都有適當的解決方案，可根據需求和協作機器人系統設計單獨或組合使用。

- 一、在協作區內與勞動者互動期間，機器人停止動作，在受到監控的狀態下，做到安全停止。
- 二、在安全減速的情況下由勞動者手動引導機器人，保障人機協作的安全性。
- 三、機器人需要「安全速度監控」的安全功能，並根據勞動者在防護區域內的速度與位置來調整機器人的速度與運動軌跡，預防碰撞。
- 四、人機之間在協作過程，可能存在有意或

無意的觸摸、碰撞等物理接觸，透過安全碰撞偵測、安全力道監控等功能，可確保在發生碰撞的情況下，力道和壓力不會超過規定的安全限值。

訂定人機協同作業相關準則，最重要的就是人機碰撞時的力道 Power And Force Limit 原則，ISO 10566 技術規範了機器人與身體部位碰撞時不得超過的最大值，規範重點可分為「撞」與「夾」，規範可測量瞬間撞擊力、瞬間夾擊力量有多大，若沒有超過生物力學負荷限值，即可證明機器對勞動者無害。協作型機器人具有一系列定位感測器，使它們能夠在瞬間對周圍勞動者的存在做出回應，進而與勞動者順利合作。

參、解除柵欄是人機協作的第一步

過去為保護工作人員免受機器人的力量、速度和運動所造成的危險，機器人通常以實體隔離的方式，在防護柵欄後方進行作業。然而，這樣的隔離模式無法讓互動密切的人機協作發揮最大效益，須採用替代措施來降低安全風險。

勞動部依職業安全衛生法第 6 條第 3 項規定之授權，訂定《工業用機器人危害預防標準》，對於業者設置機器人的操作環境、適應環境、標示方法、人機協同作業等事項訂定法規要求，其中，第 21 條規定機器人須有光學隔離或物理隔離，以防止勞工被機器人撞擊或夾傷。但隨著技術發展與生產作業的需求，人機協作的比例逐漸上升，採取隔

離勞工與機器人的保護方式顯然無法因應現況，所以勞動部於 2018 年修正《工業用機器人危害預防標準》，規定雇主若須進行人機協同作業，除機器人應符合 CNS 14490 系列或 ISO 10218 系列等規定外，還須實施相關評估，製作 7 項安全評估報告，如流程、製程、管理計畫、選用符合安全規範的安全設備等，才可實行人機協作。此外，勞動部也要求廠方於試運轉或正式啟動機器人時，須證明防護機制可被啟動，之後配合每週、每月的檢查報告表和其他緊急應變組織計畫，控管人機協同作業的安全性，目前臺灣已有許多企業陸續實行人機協同作業。

解除柵欄只不過是人機協作的第一步，真正的協同作業方向不是只有分享空間，也會共享空間後分享流程。近 5 年國際機器人聯合會 (International Federation of Robotics, IFR) 將機器人與勞動者的合作重點放在「分享工作區」與「流程分工」，意即還未設定至機器能與勞動者產生互動，但可以在某種流程進行分配，最後的「合力完成」與「共同執行」機器人具有判別勞動者行為的能力，並在不傷害人類情況下進行互動，即是未來的方向。

肆、國內外人機協作運用的情形

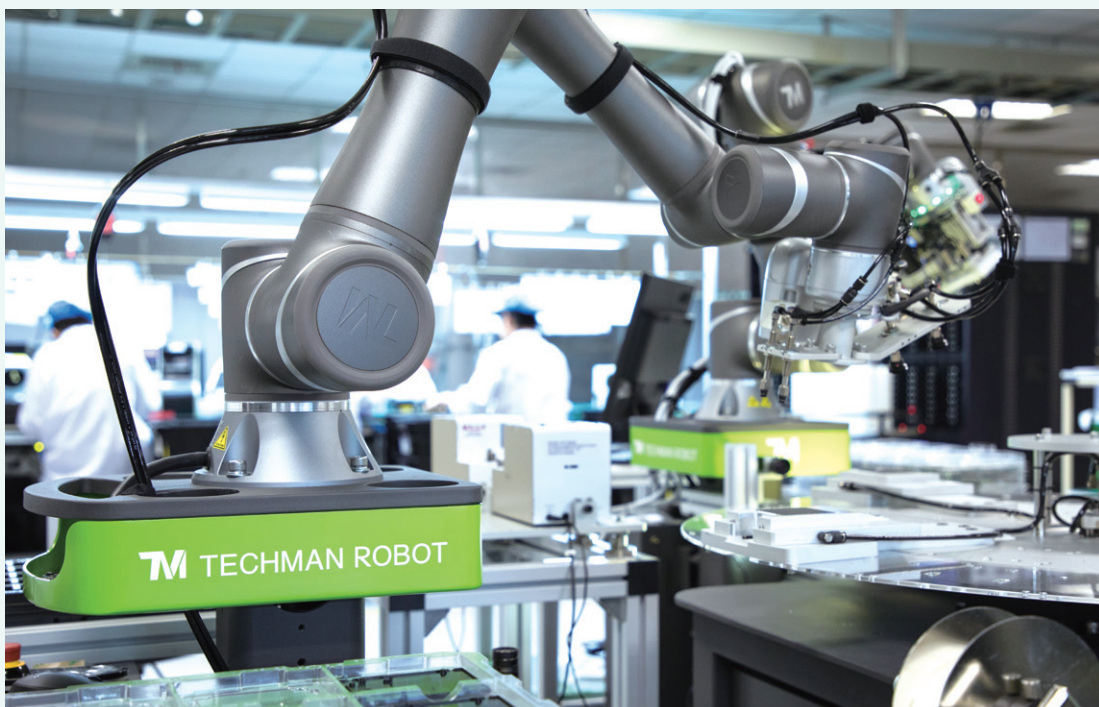
在臺灣，人機協作可分為「智慧製造使用之智慧工業機器人」與「服務型機器人」等兩大方向。前者為勞動部著重安全防護的機器人，後者根據 IFR 與 ISO 共同編製，共有 21 大類與 61 種款項，主要分為個人型與

專業型 (如達文西開刀房機器人)，以使用率來說，多是個人型的掃地機器人，專業型僅占整體不到 1%。

產業界的人機協作運用，以佳世達科技公司導入人機協作為例，佳世達取得安全認證後，現已完成全線人機協作生產。勞動者從事如貼線、貼標籤等輕巧工作，機器人做搬位與定位等精密工作，以此產線來說，品質由機器人掌握，至於機器人的調整與靈活度則由人員掌控。該產線也搭配光學感測器讓機器人能做到降速，讓發生碰撞時，機器人能緊急停止，已完成人機共存空間工作的理念。

臺灣導入人機協作運用的產業，以電子零件業與金屬加工業的比例最高，至於已走向無人工廠的半導體產業，因不具勞動者參與的需求，就不會再導入人機協作模式。觀察未來趨勢，除了服務業之外，勞動密度高的工業已逐漸導入機器人自動化設備，但在導入升級過程中，勢必經過人機協作的配合階段。

董事長蘇瑞堯分析世界各國的人機協作實況，歐洲因為勞動人力減少，很難有經濟規模地實行人機協作；日本則是因為保守的民族性，習慣將勞動者當機器使用，不太適應將機器當勞動者用，因此發展較緩慢；美國原本無製造業，但因應 5G 發展，逐漸將智慧製造拉回國內進行，其中一個值得關注的議題為自主移動機器人 (Autonomous Mobile Robot, AMR)，簡單來說，就是底下為無人搬運車 (AGV)，上方則裝設機器



人手臂，即便在沒有鋪設軌道的場域，仍可移動到目的地並執行工作，這類型機器人將出現在倉儲物流和 5G 工廠。透過判別環境導航的 AMR 模式，我國的工業技術研究院已成立 AMR 聯盟，未來將可提供實務工安如何訂立準則等資訊。

伍、人機協作可能衍生的職業安全衛生問題

當勞動者與機器共事的模式正慢慢推動產業轉型，人機協作中的安全規範也至關重要。所長胡竹生提到，其實現今許多企業已存在人機協作的模式，要補救過往不符合現有安全規範的人機協作廠商確實遵守，不應以納入勞動檢查的方式查核，而是瞭解其運作的難點與困境，擬定妥善的安全規範準則

與輔導業者建立安全的人機協作場域。

當機器人與勞動者在同一工作區內互動，人機協作的技術未來勢必面臨許多職場安全問題。教授蔡清池表示，目前在討論負責當事人（使用者／生產者）與責任歸屬時，會追溯到故障的原因，例如使用問題、設計問題等，可由勞動部成立事件發生委員會進行判別。

協作機器人可運用在工業、軍事與醫療以及服務業等產業，且依據場所、產業及使用目的而有不同的安全規範。董事長蘇瑞堯認為，若目前需要安全規範，不妨從使用範圍較大且使用層面較廣的工業用機器人著手，其次為醫療用的規範。不同於工廠本來就有

安全規範在管理，服務業的安全規範可能最複雜，因為目前仍沒有明確的法規與標準。但對於服務型機器人進入人類生活，並於共有空間生存後會面臨的問題，日本已著手做出許多相關研究。

人機協作已是自動化工業中不可或缺的一環，面對這個新趨勢，在安全規範層面仍有實際運用後的問題待解決。此外，人機協作過程中最重視的 Power And Force Limit 原則，可分為計畫內接觸、意外接觸以及系統失靈等三種狀況，針對後面兩種突發性狀況，安全設計是否已能因應處理？為因應人機協作時代來臨，這些都是必須思考並提出解答的問題。

陸、人機協作對於人力需求及工作機會的影響

討論人工智慧技術發展時，人類的工作機會是否會被機器取代等議題，總是備受關注。過去資方期望導入完全自動化生產時，常常可見勞方出現強烈反對等人機對立的衝突，在人機協作來臨的時代，政府應從人機協作教育開始著手，建立協作機器人與勞動者應該合作而非對立的概念，以及如何在工作中善用機器人等內容。

但機器人真的會導致人類工作機會喪失嗎？副教授辛炳隆認為，人機協作將帶來現階段人力需求及技能發展影響，包含人工智慧及機器人與職場工作者的合作、帶來新的工作機會，或可能會流失工作等，若廠商願



意配合，學者專家可針對該產業或企業進行行為研究，深入了解機器與勞動者之間的互動或機器如何影響勞動者等。人機協作是德國推動工業 4.0 時的重點，當時擔心外界會誤以為導入 AI 之目的在於取代人力。因此應降低 AI 導入對人的衝擊，若能從實務面瞭解與行為面分析，將會協助各界瞭解導入人機協作對勞動市場的影響。

所長胡竹生認為，目前人工智慧機器人的發展仍無法全面取代人類工作，有許多細節仍是機器無法勝任的。例如研磨工廠引入機器人後，研磨工人的工作將轉為監督成品品質的角色。教授蔡清池表示，過去在科技演進過程中，也曾出現擔心工作機會取代的狀況，但後來發現並未發生原本預期的問題，人們應該從正面角度看待，人工智慧科技的導入，是督促勞動者加強在職訓練，走向高階的管理與規劃工作，進行工作轉型的機會。

董事長蘇瑞堯則認為，人機協作對工作機會的影響是正向的，目前流失的是低附加價值的工作，新的工作在於誰能善用機器協作，據他的觀察，人機協作甚至可以改善無人工廠所導致的失業。以佳世達科技為例，他們的條件不符合無人工廠的自動化生產，導入機器協作後，每站均有機器進駐讓自動化比例提升，但不是取代人。

關於人工智慧技術對於就業機會的影響，目前則有兩派說法，其中經濟合作

暨發展組織 (OECD) 於 2018 年發表的《Automation, skills use and training》報告中指出，產業自動化後有 14% 低技術工作會被取代，而 32% 的工作會出現重大改變，而此重大改變很可能會導致部分工作流失。而另一派是 IFR 在 2017 年曾發表研究報告認為，機器不會取代工作，而是會創造新的工作機會。教授李建鴻認為，這兩者會同時發生。根據勞動部勞動及職業安全衛生研究所在 2017 年底調查，訪問 24 家導入人工智慧技術的企業，結果發現有 7 種新職務，例如機器人工程師、數據分析師等，讓人力需求增加一半以上，但同時也有 5 種基層工作職務，例如搬運工、第一線作業員的人力需求，會大量減少 4 成以上。顯示在同一個作業空間裡，由勞動者擔任靈活度高、更有價值的工作，再由協作機器人執行需要快速、準確、重複性或不符人體工學的任務。

副教授林佳和表示，當勞工圖像與專業資格能力的轉變，監視性工作將成為人機協作的主要面貌，過去繁重的工作可能被機器被取代，然而在這樣的人工智慧技術發展的時代下，或許身障者也能找到新的工作機會。

人工智慧時代來臨，人機協作成爲產業必然趨勢，政府與勞動者都必須做出反應。針對工作機會的增減變化，勞動部要做人力需求調查，什麼類型的工作會減少，減少的理由為何，因為現在很多工作並非減少，而是找不到適當的勞動力投入。因此，勞動部也

要提供相對應的教育訓練，提升勞動者的第二專長，以因應未來產業人力需求。不可否認，新科技的發展會讓舊型態的工作消失，雖是無可避免的結果，但另一方面也會誕生新型態工作機會，勞動者必須有終身學習的意念，才能在人工智慧技術浪潮下持續向上生存。

柒、小結

協作機器人在許多產業都具有潛力，儘管產業不同，應用範圍與程度也有差異，但有幾項問題需要共同考量，像是人機協作後對勞動法規的影響，以及職場文化層面的改變。

現有法規對於機器的規範較多，未來人機同處一個空間協作時，該如何調和對勞動者及對機器的規範，以及對於人機協作使用率高的行業，如電子零件業、金屬加工業等，是否有特定規範，都是法規層面需要考量的問題。教授黃漢邦認為，雖然目前人機協作都集中在製造及加工業，但未來最大應用會是在服務業，例如目前嘗試透過腦波偵測的腦機介面機器人，進行對失智症等輕症的照顧發展，因為沒有侵入性，適用各種語言，還能提供陪伴與互動，延緩失智症惡化，將是未來最可能廣泛應用的方式之一。

ISO 於 2016 年發表 ISO 15066，作為 ISO 10218「工業機器人安全要求」標準的補充文件，確保勞工在協作型機器人環境下的人身安全。目前規劃 ISO 10566 將整併到

ISO 10218，整併時對既有法規有何影響也值得觀察。教授王煦棋表示，人機協作應定義為人類是扮演訓練機器執行任務的角色，協同作業仍由人主導，由機器配合人，目前尚未出現人機衝突的狀況，人機協作只要對機械危害進行管理及規範即可。ISO 的規範是未來勞動判決很重要的基礎，若符合規範仍發生傷害就須探討其屬於可避免或不可避免之傷害來決定責任歸屬。



副教授辛炳隆表示，當企業導入人機協作後，勞動者將會轉為監視機器角色，反觀勞動基準法第 84 條之 1 規範監視性工作，是否得以適用？日後可加以討論。

此外，教授李健鴻表示國際勞工組織（ILO）於 2019 年發表未來工作倡議中提出是否會出現新勞動控制的疑問。所謂是誰在控制機器，其實是雇主而非勞動者，因此其內容提到未來工作中，新型態的勞動控制機率確實會變高，建議政府應協助工會與雇主協商，提出符合工作現場的人機互動模式，避免在雇主主導下，勞動者只能受制於機器。

副教授林佳和表示，機器人帶來新的勞動形式，不同的「按需」條件 - 高度按需 (highly on demand)、條件按需及生產按需等，也會帶來彈性化的不同形式，然而人機協作所衍生出的許多問題仍有待解決，例如：

一、倫理問題：人工智慧是否可以有道德？

機器人倫理與人的倫理要如何規範？

二、法律問題：當勞動者與機器人密切互動所涉及的法律問題該如何考量？責任由人或是機器人承擔？誰又能擔任責任劃分的判別角色？

除了勞動法規影響之外，勞工的給付障礙與瑕疵應如何訂定規則與認定，將產生新的障礙。例如是機器影響勞動者的工作表現，還是勞動者影響機器的產能等，進一步延伸到工資的計算及勞動條件的變更。另外，早

年歐洲工會聯合會已擬訂工會集體協商模式，當企業有重大生產方式改變時要與勞動者共同決定，而如何把 AI 引入共決模式，此共決模式並非一致反對或支持，應有不同面向考量，期望勞資之間能夠共存共榮。

人工智慧科技引領工業領域技術不斷加速發展，人機協作能夠解決的應用也與過去各不相同。如何讓勞動者與協作機器人的能力相輔相成，並透過機器人的安全設計、安全規範等措施，在人機緊密的合作互動下，確保勞動者的工作安全與勞動權益，將是迎向人機協作主流工作模式的關鍵課題。



人機協作對於職場安全的影響及挑戰

高雄科技大學環境與安全衛生工程系副教授 許宏德



壹、前言

英文的人造人 (robot) 一語源自捷克語的強制勞動 - robota。捷克的作家 Karel Čapek 於 1920 年發表的戲曲「羅薩姆的萬能人造人 (Rossum's Universal Robots : R.U.R.)」中創造出 robot 這個字，現在則用來泛指「機器人」。

根據國際標準 ISO 10218-1 (2011) 對工業用機器人的定義，(工業用) 機器人為「用於產業自動化，固定位置或可移動之 3 軸或以上程式化或可再程式的自動控制多用途操

作機 (機械臂) (automatically controlled, reprogrammable multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation application)。另一方面，日本經濟產業省「機器人政策研究會」於 2005 年發表的中間報告則將機器人的定義擴大為「具有感測器、智能控制系、驅動系 3 個要素的技術之智能化機械系統」。

自從 1980 年代，工業用機器人被導入到汽車等的生產線以來，到 2019 年為止全世界設置的工業用機器人的臺數已達 272.2 萬臺。近年來各工業先進國為因應少子化所造成的勞動人力低減，更出現了協作機器人 (Collaborative Robot = Cobots)。但是，協作機器人對於職場的安全有何影響？其安全應如何確保？是個值得關心的議題！

二、機械及機器人之危害

機械乃利用各種相對運動的機件，構成機構。由外部輸入的能量經機構的轉換，就能對外做功，以加工物料或提供服務。由於機械的運轉需要能量，機械上又有各種轉換能量的機構，當然機械上便無可避免的，會有各種型態的大小能量在運作著。當超過人體容許值的能量洩漏（傳達）到人的身上，便會對人體造成傷害，甚至導致死亡事故（如圖 1）。也就是說，在機械上運作的能量就是危害源。因此，避免上述事故發生的關鍵就在於如何防止潛在的危害源作用於人員身上。



圖 1 作用於人員的危害源

依據國際標準 ISO 12100-1 (2010)，機械上的危害包括有：(1) 機械性危害、(2) 電氣危害、(3) 異常溫度危害、(4) 噪音危害、(5) 振動危害、(6) 游離和非游離輻射的危害、(7) 使用材料或物質所引起的危害、(8) 人體工學相關的危害、(9) 與機械使用之環境相關的危害、(10) 複合性危害等各種不同類型的危害源。

工業用機器人的本體為機構及驅動器組成的機械臂 (manipulator)。機械臂的型式一般可分為：(1) 多關節型（如圖 2）、(2) 史卡拉型 (SCARA = selective compliance assembly robot arm)、(3) 並聯型 (parallel link robot)、(4) 直交型。機械臂經由控制器的自動化控制做複雜的動作，其前端通常裝設有配合功能需求的作用器 (end effector)，如吸盤、夾爪等。

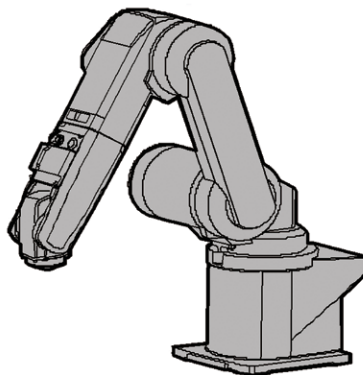


圖 2 多關節機器人之一例

由其功能及運作模式可知，工業用機器人的主要危害為機械性危害。也就是起因於動能、銳利端部以及剪力作用等的撞擊 (impact)、擠壓 (crushing)、切割 (cutting or severing) 以及剪 (shearing)、夾 (trapping) 等型態的危害。此外，

因使用電能，或焊接、噴漆等用途上的需求也可能有電氣、灼傷、有機物等的危害。

目前的協作機器人的構造，基本上和工業用機器人並無太大的不同，以多關節型為主。

圖3 為人機作業系統中的危害源與災害發生之過程。當作業人員與能量的運作在空間上或時間上有重疊時，也就是人員暴露於危害源時，既為危險狀態。如果沒有保護方策，或防護不足，則危險狀態即可能會進一步演變為「危險事象」。這時人員已陷入危險之中，如果迴避失敗就會發生災害。

三、人機作業系統之安全

我國的職業安全衛生法於修法時新訂了第5條，將確保作業安全的責任大幅的由雇主轉而要求設計者、製造者以及供應者（含輸入者）。這和歐盟在其「機械指令」(MACHINERY DIRECTIVE) 揭發對機械安全的理念「機械部門是工程產業重要的一部分。來自於以使用機械為直接原因所造成的災害之社會成本，多數可以透過機械本質安全的設計、製造以及適切的設置和維修保養而降低。」是一致的。換言之，就是以源頭管制的理念來降低使用機械時的風險。



圖3 人機作業系統之危害源與危險事象 (日本中央勞動災害防止協會)

因為工廠的智慧化造成生產系統的黑盒子化，使得使用者難以認知危害，更難以掌握其危害特性。要求機械設備的使用端（含事業主／雇主）於採購機械後對作業時的危害進行消除或風險的低減等安全改善，其效果是非常有限的。尤其是自動化的強化與深化使得作業人員不再需要高度的專業知識，如此的情況下要求使用者自己注意安全恐怕很難有效果。

國際標準 ISO 12100 也將降低機械設備風險的要求置於製造者（設計者）。由製造者於設計階段進行風險評估，並依其結果藉由本質安全設計等 3 步驟 (three step) 的方策將風險降至可接受的程度，同時透過安全相關資訊的提供，讓使用者可以採取適當的措施以降低殘餘風險（如圖 4 所示）。也就是說，只要依循這項安全標準即不難落實職業安全衛生法第 5 條的規定，有效降低使用機械設備的風險。

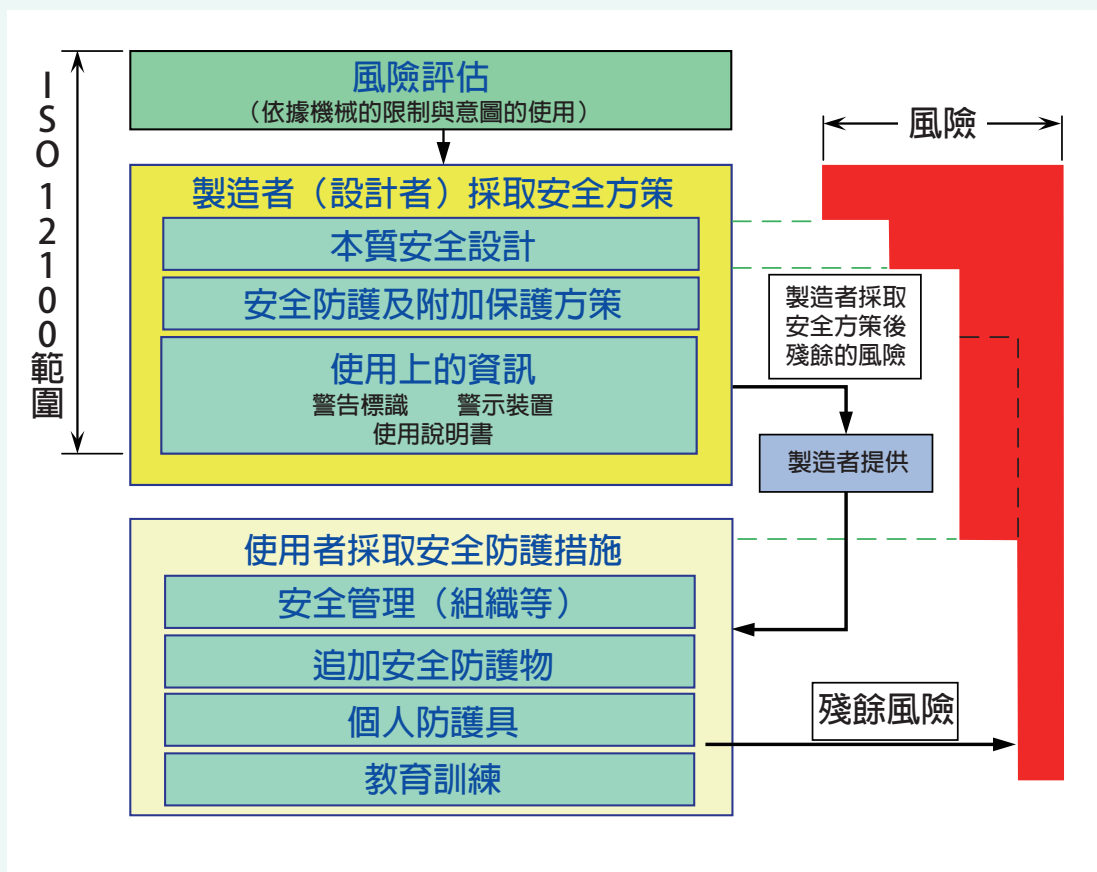


圖 4 安全防護方策與風險之低減

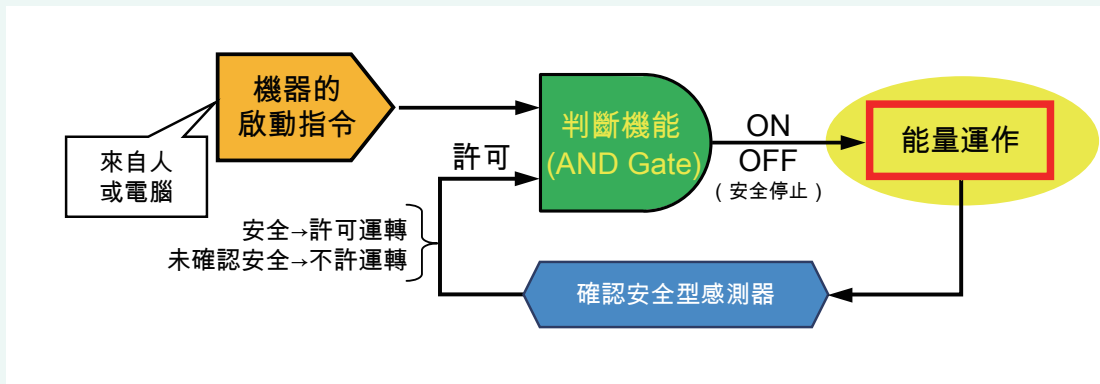


圖 5 確認安全型互鎖機制的構造

本質安全設計是指「不使用護罩或保護裝置（指裝設於機械上，可單獨或與護罩結合使用以降低風險的裝置，如光柵、雙手操作裝置等）而以變更設計來改變機械特性，消除危害源而達到保護目的之方案與策略」。具體的做法包括消除銳角、銳邊；對可能會夾傷的機械部位縮小至身體任何部位都無法進入的程度，或者加寬至不會夾傷的程度；將動能或驅動力降低至被撞擊時不會傷害到身體的程度等方策。

但是，本質安全設計有其困難時，就必須以護罩或安全裝置等方法實施安全防護措施。護罩之原理為隔離人員與危害源，也就是不使作業人員與危害源在空間上重疊。另一方面，安全裝置則是用於確認作業人員是否陷入或即將陷入危險狀態，並在無法確認安全時發出安全控制訊號，停止能量的運作。換言之，即避免人員與危害源在時間上重疊。前者為「隔離的原則」，後者為「停止的原則」，這兩個原則必須至少有一個成立，才能確保人員的安全。安全控制原則上應獨立於一般運轉的基本控制，且其控制位階必須高於一般運轉的基本控制。

這個安全控制機能稱為「互鎖 (Interlock) 控制」。

圖 5 為「確認安全型」互鎖機制的構造。除來自作業人員或電腦的啟動指令之外，還必須由確認安全型的感測器確認人員的安全，並經由判斷機能 (AND Gate) 的邏輯演算判定為 "1"，能量才被允許運作。如果確認安全型的感測器沒有發出安全訊號並傳到判斷機能，或輸入到判斷機能的訊號不是安全訊號，則能量均不可運作（停止原則成立）。安全感測器可以用來確認作業人員不在能量運作空間，或確認可動式護罩已被關上（隔離原則成立）。

這裡所謂的「確認安全型互鎖機制」主要關鍵在於確認安全型感測器以及判斷機能的「失效安全」(fail safe) 特性。這個特性會讓安全系統在無法確認安全（例如故障）時將能量運作停止（安全停止），以保障在安全機能失效時互鎖機制的成立。反之，如果安全感測器（保護裝置）不是「確認安全型」而是「檢出危險型」的話，那麼在其本身失效（故障等）的時候即無法將危險告知判斷機能，此時判斷機能會因

為判定為沒有危險而允許能量的運作。換言之，「檢出危險型」不具「失效安全」特性，因此可能因其本身的故障而造成災害的發生。

四、協作機器人之作業安全

不同於工業用機器人適用於大規模、專用生產線以及大量生產的需求，協作機器人通常用於多樣少量 (high-mix, low-volume) 或變種變量的生產型態 (Flexible manufacturing)。臺灣和日本類似，中小企業仍為製造業等產業的主幹，這些中小規模的工廠對多樣少量及變種變量的生產型態之對應需求相當的高，但面對少子化所造成的勞動人口的降低卻更顯得無力。基於這些理由，使得日本對協作機器人有了相當高的需求。根據日本相關研究單位的調查與預測，全世界協作機器人在 2030 年的銷售量將是 2019 年的 3.5 倍。

前面對工業用機器人的危害及安全確保進行探討，工業用機器人通常以圍籬或柵欄將機器人隔離，再加上互鎖控制的開口部以避免人員陷入危險狀態（如圖 6 所示）。但是，這樣的

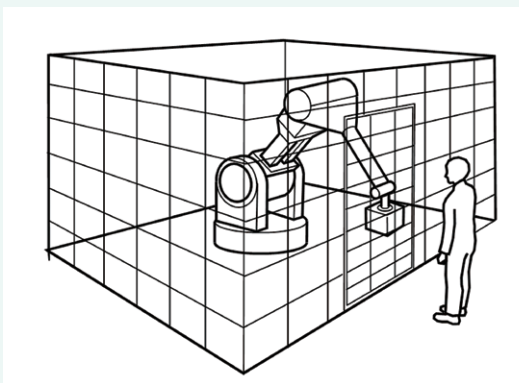


圖 6 圍籬與互鎖控制的開口部

防護措施使得作業人員與機器人無法在同一個空間作業，人機協同作業難以進行。也就是原來以「隔離的原則」以確保安全的方法，將無法適用於協作機器人。

為實現人機協同作業，必須在不損及安全的情況下撤掉圍籬。日本在 2013 年修訂其「勞動安全衛生規則」，在法規上對協作機器人做了安全上的規範，並允許符合安全規範的協作機器人，在確認風險得到控制的情況下可以其他防護措施取代圍籬（如圖 7）。另外，國際標準組織還訂定了 ISO/TS 15066，對協作機器人做了技術上的規範 (TS: Technical Specification)。我國也於 2018 年修訂「工業用機器人危害預防標準」以及公告「協同作業機器人作業安全評估要點」，並編印實施的參考手冊，以規範雇主使用協作機器人的安全措施。工業用機器人與協作機器人的差異如表 1 所示。

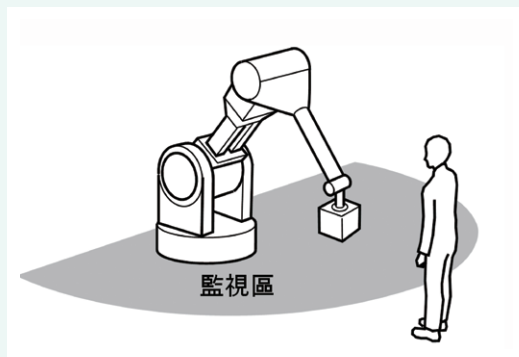


圖 7 以監視區域取代圍籬

我國的「工業用機器人危害預防標準」和日本的「勞動安全衛生規則」均規定協作機器人必須符合 ISO 10218(2011) 系列的規範。另外，日本還要求協作機器人碰觸到人員的力量以及

表 1 工業用機器人與協作機器人的差異		
	工業用機器人	協作機器人
作業內容	以代替人力的單純作業為主（機器人單體即完結的作業）	可對應彈性作業（當人的幫手可與作業人員一起進行作業）
設置場所	以大型生產線為主 須設置圍籬	不須圍籬 設置地不拘
尺寸	大型重量	小型輕量
控制	位置控制	位置控制 + 力量控制
對象物	以同類型大量生產為主 多為重複性單純作業	可彈性對應多樣少量或細膩作業

動能必須低於 ISO/TS 15066 的規定值。

對於協作機器人系統，ISO/TS 15066 將共通的安全方策分為以下 4 項，分別規定其必要的安全性能。這些安全方策可以單獨或配合使用。

1. 安全等級監視停止 (Safety-rated monitor stop): 人員進入協同作業空間 (如圖 7 所示之監視空間) 時，機器人必須停止，但人員離開時即可恢復工作。亦即必須有監視及停止機能。

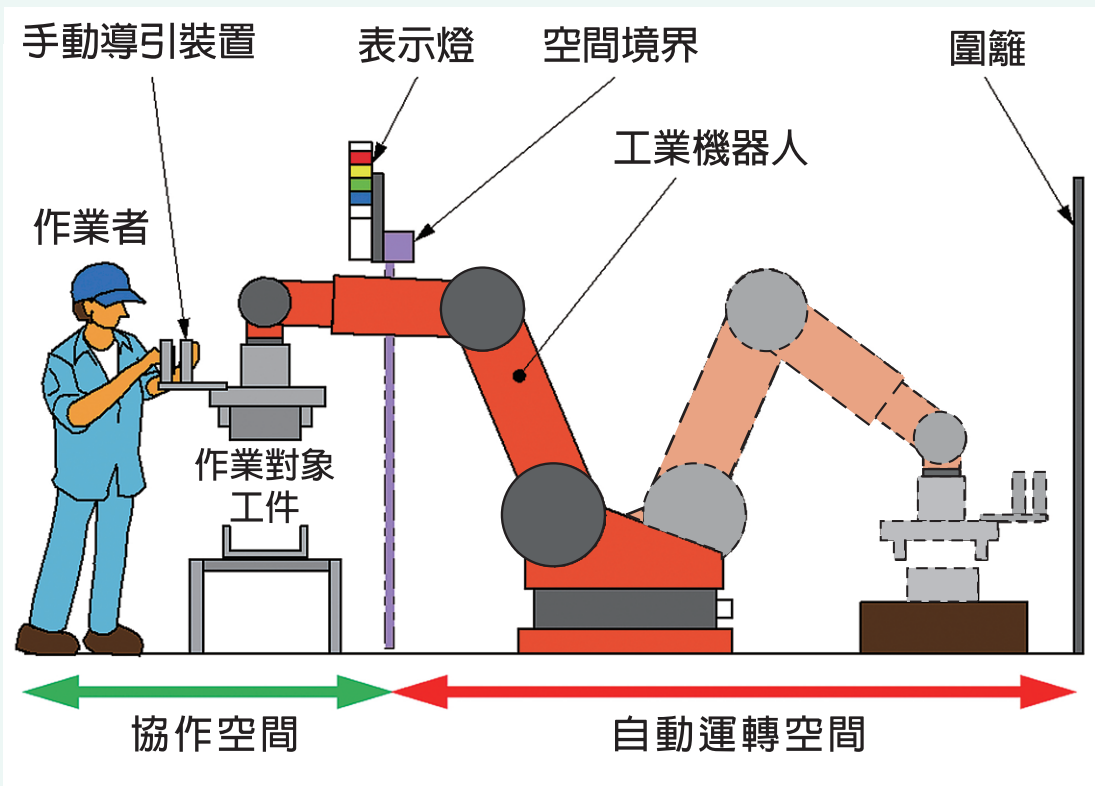


圖 8 手動導引作業模式 (IHI 技報)

2. 手動導引 (Hand guide) : 操作員在安全減速或速度受到監控的情況下直接以手引導機器人 (如圖 8)。操作器上有「致能裝置」(enabling device) 及緊急停止按鈕。當人員離開協同作業空間時，非協同作業才可開始。
3. 速度及間隔的監控 (Speed and separation monitoring) : 機器人與操作人員的相對速度與距離受到監控，超過基準值時機器人必須停止。
4. 動力和力量的限制 (Power and force limiting) : 基於本質安全設計或藉由控制以限制機器人產生的動力、扭力等，使機器人碰到人員時不會對人員造成傷害。

以上的各個安全方策除基於本質安全設計，限制機器人的動能及力量之外，大多以安全控制的方法實施安全防護。這些安全控制系統大量採用電子式可程式控制來實現其安全機能，因此必須以「機能安全」(Functional safety) 的角度，要求其具有高可靠性。安全控制系統之可靠度的要求必須符合 ISO 13849-1 安全類別 (category) 3，且效能等級 (PL : performance level) 須為 d，或符合 IEC 62061 安全性能等級 (SIL : safety integrity level) 2。

五、機器人與服務業之運用

日本鑑於服務業的就業人口占全產業的 7 成，又因高齡少子化的關係，亟須提高勞動生產力，因此於 2015 年的「機器人新戰略」報告書中檢討了機器人用於服務業的發展方向及策略。



圖 9 日本食品機械展的協作機器人

2019 年日本食品機械工業主辦的國際食品工業展「FOOMA JAPAN 2019」就有不少廠商注意到人力短缺的問題而展出了協作機器人。圖 9 是當時展出，用來分裝炸雞塊的協作機器人。

小型的食品廠或許比工廠更適合使用協作機器人。因為這類行業更需要彈性的運用人力，而且是少量多樣的生產型態，通常也不需要大型的動力。但是，因為處理食物的關係，所以也有一些特別的要求，例如手部 (end effector) 必須接近人手，具有柔性又能適當的用力以及適當的摩擦力等。還有關節等的潤滑油不能污染食物，可適當的拆解以利用水清洗等等。



圖 11 日本名古屋市政府導入服務客人的機器



圖 10 日本軟體銀行 (Soft Bank) 的機器人 pepper

以日本軟體銀行 (Soft Bank) 的機器人 pepper 為代表的服務機器人這幾年也受到矚目 (圖 10)。這類機器人被用於招待、導引、搬運、配送等。因為武漢肺炎，已經開始被用於飯店內的配送等。例如用於車站、商場等公共空間，導引高齡者或行動不便的人。圖 11 為日本名古屋市導入於市政府辦公室的導引機器人。圖 12 為日本東京山手線高輪 GateWay 車站的諮詢機器人。

六、普及化面臨的問題

面臨少子化、高齡化的臺灣無可避免的需要借助機器人的幫忙。事實上我國設置的機器人臺數於 2019 年在世界排名第 8 位。在製造業的使用密度 (每百萬員工設置臺數) 也是世界第 8 大，高於世界平均值。但是，協作機器人如果

要更為普及，尤其是讓更多中小企業或服務業使用的話，首先必須要培養多一點的系統整合技術人員 (System Integrator)。

為因應人機協作趨勢及可能引發的災害，職業安全衛生法已經將確保作業安全的責任大幅的由雇主轉而要求機械設備的供應者。現行工業用機器人危害預防標準已規定雇主應使用符合國家標準 CNS 14490 系列、國際標準 ISO 10218 系列或與其同等標準之機器人，無法自供應者（含輸入商）取得合格證明文件者不得使用。又，協同作業機器人作業安全評估要點也規定雇主初次安裝時須與原廠技術人員共同執行。為強化機器人安全，建議參考日本的做法，明確要求製造者及系統整合者應提供技術

文件，以逐步落實源頭管理。

因為機器人系統常因技術複雜化與高度化等原因，對使用者而言恐成為難以掌握其危害的黑盒子，對中小企業也是個很大的負擔。因此，協作機器人之安全性能應由供應者依圖 4 之流程，在設計階段就加以考量，並將風險評估以及降低風險之具體方策等製作成技術文件 (Technical File) 或請驗證機構幫忙驗證並取得型式驗證 (Type-examination Certificate)。

安全是使用高科技產品的前提條件。落實源頭管制，讓供應者與使用者能各自負起該有的安全責任才能享受科技發展的成果。



圖 12 日本山手線車站的諮詢服務機器人

人機協作對於人力需求及技能發展的影響及挑戰

勞動部勞動及職業安全衛生研究所副研究員 張智奇
財團法人工業技術研究院產業學院副管理師 連瑋鑫



壹、前言

「人機協作」就是人與機器共同作業的一種模式，機器早期僅是輔助人的工具，工業時代後，機器取代大量人力，形成初步的自動化。由於新興經濟模式興起，人與機器有更加緊密的配合，產生人機協作的雛形。人機協作主要是人類透過工作經驗與機器交流，機器依據人類導入的資訊及流程執行作業，人類再根據機器執行結果進行調整，持續改善工作流程，形成一種透過資訊交流的協作模式。隨著客製化與加值型服務的增加，作業型態日趨複雜，彈性生產模式日益盛行，多人多機的協作模式成為主流生產型態。

為有效掌控多人多機間作業的正確性、效益、品質與安全性，必須藉由大量的感測

器及人工智慧的運用，使眾多人力與各式機器間形成一個具備智慧聯網的人機協作大系統。人與機器間，藉由智能化的聯結，串聯多面向的人力與資源，通過智慧聯網與聯網生產的概念，邁入智慧聯網生產的時代，即類似工業 4.0 的生產概念。由於智慧聯網的技術發展，人機協作模式推動產業轉型，加速產業革新，使人機協作成為未來主流的工作模式。

為有效掌握人機協作及智慧聯網生產型態下人力需求的變化，勞動部勞動及職業安全衛生研究所（以下簡稱勞安所）探討各國推動智慧聯網政策的發展策略，並深入瞭解智慧聯網與人機協作對人力需求及技能發展的

影響，希望達到促進國內人力發展及提升生產力的目的，藉由掌握先進國家推行智慧聯網生產造成勞動力轉變衍生問題、因應方法及相關就業政策，探討產業轉型時對人力資源的需求變化，展開新型智慧化產業於人機協作中對人員職能需求，以調查推行所需之專業人力及培育方向。

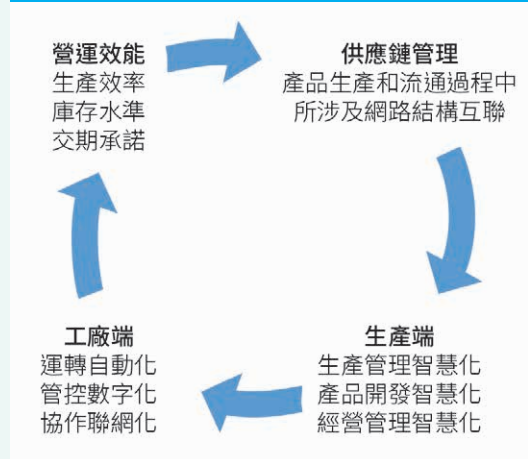
智慧聯網、人機協作等科技不僅創造新職務的需求，同時亦衝擊事務型、重複性高的工作。因此，為因應新職務職能需求，勞動部及各部會除了開發相關職能基準，供辦訓單位引用，以期職業訓練課程能對接產業人才需求之外，勞動部勞動力發展署（以下簡稱勞發署）更為新興職務發展課綱，供辦理職訓課程選用；為減緩科技對勞動人力的工作影響，勞發署亦於職訓課程導入資通訊科技（ICT）應用相關概念，以提升參訓民眾數位技能。

貳、人機協作現況

人機協作不僅是作業方式的改變，藉由聯網技術與人工智慧的運作，還可提升生產端管理、供應鏈管理及營運管理的效能，形成智慧聯網的生產模式。智慧聯網具有產業鏈長、跨多個產業群的特點，如何建立可靠的商業模式，是產業鏈獲利的首要關鍵。其中人機協作是實際執行產出的重要環節，著重在人與機器的溝通，透過機器與機器間數據資料的傳輸，輔以人為彙整與監控，為產業自動化節省大量低技術性人力，並能將人員朝具附加價值或高技術性的工作轉型。由於智慧聯網是集結各種領域技術與知識，共同

形成的應用概念，為發揮人機協作的效能，須先了解整個智慧聯網生產產業鏈的全貌。智慧聯網生產包含生產端以及工廠端的智慧化，生產端智慧化是製造營運的管理智慧化，資訊無縫串連，以達到管理流程自動化。工廠端智慧化是現場設備自動化與智能化與智慧生產連結，將即時且透明資訊傳送至生產端，進行製造生產調整、安排或優化。智慧聯網生產與人機協作模式對產業價值的創造，可由工廠端、營運效能、供應鏈管理及生產端等 4 個區塊來說明，資訊循環傳遞並不斷地做優化的調整，如圖 1 所示。

圖 1 智慧聯網對傳統產業價值鏈的影響面向



目前製造業自動化發展迅速，加快機器取代低技術人力的速度。智慧聯網生產除以機器取代人力外，更著重於價值的創造，領域涵蓋 IT 產業、半導體製造、電子零組件、精密機械、油氣開發與航太製造等。隨著資通訊科技的發展，2015 年臺灣推動的「生產力 4.0」政策，加快智慧聯網生產與人機協作的發展。工業技術研究院機械與機電系

統研究所因應「生產力 4.0」的需求，發展人機協作的核心技術，包含立體視覺定位導引、手眼力協調及安全互動人機介面等自動化關鍵模組，有助於提升人機協作的效能與安全性。藉由智慧自動化生產概念的導入，協助企業因應彈性生產的需求，將傳統製造作業環境轉變為以人為本的生產友善環境。

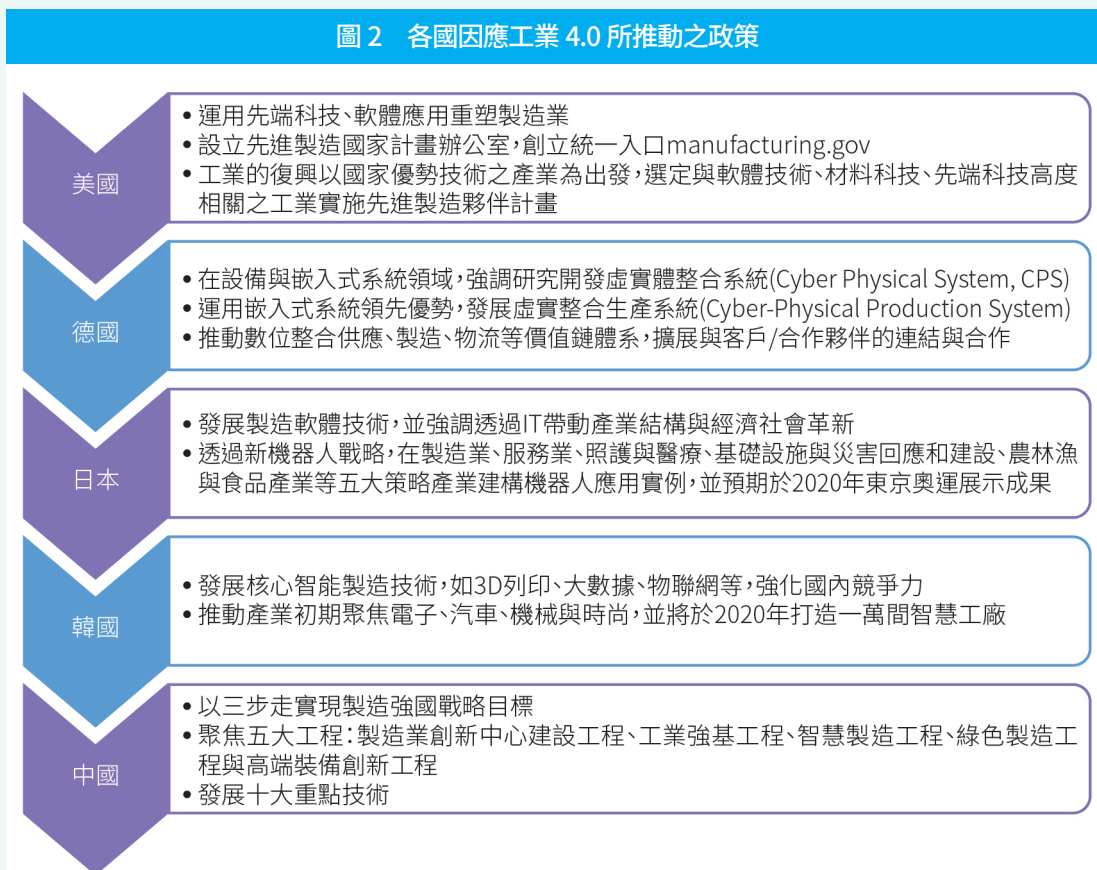
由於各國發展人機協作及自動化的時機不同，因此在自動化效能提升與聯網應用幅度上也不盡相同，所提出的策略與方法也不相同，美、德、日、韓及中國推動工業 4.0 相關策略等，詳如圖 2 所示。

智慧自動化生產概念以機器人為核心，可取代人力枯燥的操作工作，因應少樣多量的生產特性，亦可將機器人技術導入職場服務，發展出不同服務型機器人，創造機器人產業。隨著人機協作的發展，各產業對人與機械協作的模式不盡相同，因此可能衍生出不同層次的勞動議題，必須及早規劃因應，以避免造成勞動市場的衝擊。

參、人機協作人力需求調查

人機協作人力需求，須考量作業本身需求外，尚須考量聯網技術與人工智慧等人力需求。根據國家發展委員會智慧聯網生產相

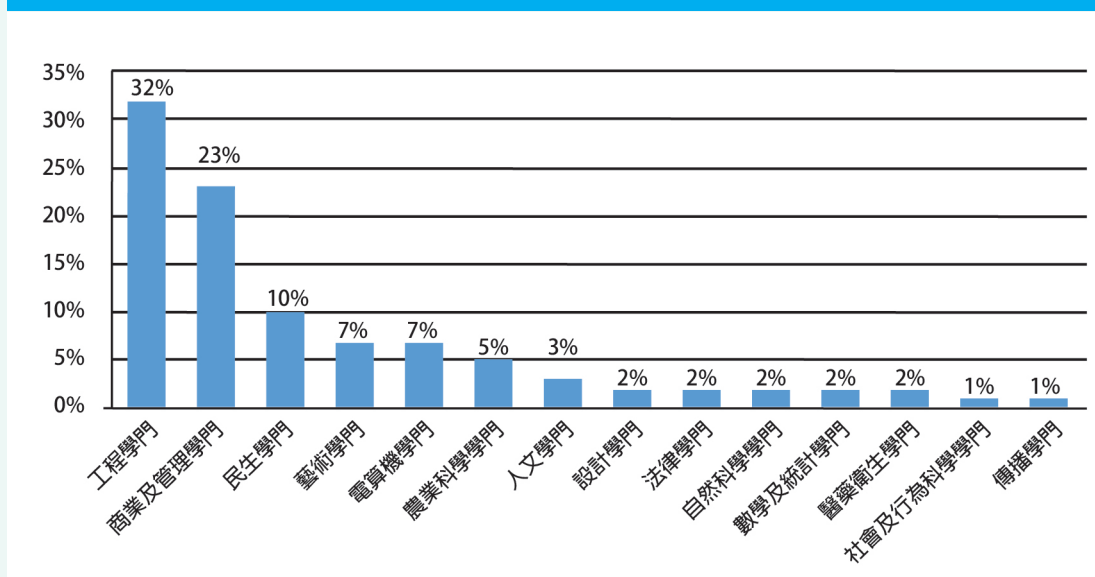
圖 2 各國因應工業 4.0 所推動之政策



關產業所需人才調查結果，在基本學歷要求方面，多以大專學歷為主要需求，而智慧機器人領域對於電子工程師、軟體開發及程式設計則要求較高的學歷，須具備碩士以上學歷。各職類教育程度需求部分，以大專為主要基本學歷要求占 81%，其次為碩士以上學

歷占 12%。對產業專業人才的基本需求，以工程學門占 32% 為最多，商業及管理學門占 23% 次之（如圖 3）；其中，專業人員之職類細項需求項目又以科學及工程（50%）及資訊及通訊（20%）領域需求比率最高，相關人員職能細項需求詳如表 1 所示。

圖 3 職類學門領域需求分布圖



資料來源：國家發展委員會

表 1 各職類細項需求狀況與學門 - 學類需求狀況

各職類細項需求狀況					
專業人員		技術員及助理專業人員		民意代表、主管及經理人員	
所需職類細項	比率	所需職類細項	比率	所需職類細項	比率
科學及工程專業人員	50%	商業及行政助理專業人員	66%	行政及商業經理人員	54%
資訊及通訊專業人員	20%	法律、社會、文化及有關助理專業人員	21%	生產及專業服務經理人員	29%
商業及行政專業人員	19%			餐旅、零售及其他場所服務經理人員	13%
其他	11%	其他	13%	其他	4%

註：本表僅列出各職類中，需求占比 10% 以上之細項職類。

資料來源：國家發展委員會

在研發設計人才發展方面，主要有培育智慧設計（工具機領域）、機電整合（工具機、智慧機器人、橡膠機領域）、設備製程了解（電子設備領域）等能力需求。單以各職類學門領域需求而言，工程學門以電資工程學類需求比重最高（51%），其次為機械工程學類；商業及管理學門以一般商業學類需求最多（28%）、企業管理學類次之，如表 2 所示。在工作年資要求方面，多須具備工作經驗，以 2 年以下占 42% 最多，其次為 2~5 年占 36%、5 年以上占 11%，另有 7% 表示無經驗亦可、4% 表示無特別限制。經問卷結果顯示，半導體電子、機械工程、資訊軟體類工程師多需求 2~5 年的工作經驗，其他則以 2 年以下，具有工作經驗即可。

為有效掌握人機協作及智慧聯網生產的人力需求，勞安所藉由行為事例訪談及職能項目調查法，以導入人機協作與智慧聯網生產模式之企業高階主管為對象，針對企業導入前後對勞動力變動、職能需求及企業因應的

方式等，進行個案訪談與問卷調查。根據問卷調查統計結果，保留職能項目被勾選比例超過 50% 的研究樣本。其中以製造類（含製造、專案、研發）與資訊科技類（含製造、研發）之從業人員比率最高，分別占研究樣本之 53.85% 及 23.08%。依不同職務之工作內容與職能需求差異，將 8 類智慧聯網生產相關人員之職能，區分為 5 至 11 項不等之職能項目¹。

受智慧機械發展及市場需求影響，機械產業專業人才需求將持續成長，主要欠缺之專業人才以半導體電子、機械工程等工程研發相關人才為主，同時亦需求資訊軟體、品管、安規及維修服務等類人才。因應全球化競爭及市場需求變化加速，行銷專業人才亦成為人才需求的重點。此外，在廠商面臨人力運用的困難方面，主要包括專業人才不足、不易辨識招募對象的能力水準、優秀人才被挖角及現有人員專業能力不足等。

表 2 學門 - 學類需求狀況

學門 - 學類需求狀況					
工程學門		商業及管理學門		民生學門	
所需學類	比率	所需學類	比率	所需學類	比率
電資工程學類	51%	一般商業學類	28%	觀光休閒學類	38%
機械工程學類	18%	企業管理學類	20%	運動休閒及休閒管理學類	38%
工業工程學類	11%	財務金融學類	11%	餐旅服務學類	22%
		風險管理學類	11%		
其他	20%	其他	30%	其他	3%

註：本表僅列出各學門中，需求占比 10% 以上之學類
資料來源：國家發展委員會

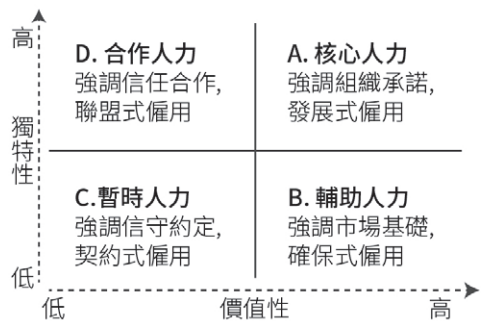
除了人機協作與智慧聯網生產勞動力需求外，勞安所並藉由調查結果，分析產業轉型時可能造成的勞動力排擠，提出人力需求與職能要求分析建議，以提供政府施政參考，並作為企業內部辦理人力調整及訓練規劃依據。

由於全球老年化趨勢及勞力成本增加，傳統職務的人力需求，尤其是勞力密集與低技術的工作職務，不斷調整精減。對企業來說，採用人機協作模式可節省研發人員在高重複性工作的時間，集中心力在更加複雜、靈活度高的設計工作，更能大幅提升創新技術所帶來的產業價值。由職務需求研究結果顯示，針對專業介面的協調人員與工程師職務大幅增加，各領域知識專家的需求也同步上升。由國內外企業導入工業 4.0 人力需求顯示，這些人力需求相對較有利於青年發揮，若能配合適當政策規劃與就業訓練，應能增加青年優質就業機會。

肆、人機協作職能需求評估

職能概念出現於 1970 年初期，其定義為工作妥善執行過程中所需的知識、技能和才能，是員工所具有之潛在基本特質。而職能模組是將潛藏在每項工作所需具備的知識、技能、行為以及個人特質等構成一個模型，且因一個工作職務涵蓋一個或多個職能群組，所以不同職務的職能模組有其分析與發展的必要性。根據美國學者 Lepak & Snell (1999) 定義之人力需求，包括核心人力、輔助人力、合作人力及暫時人力等四類，如圖 4 所示。

圖 4 組織中人力資本結構



註：修改自 Lepak & Snell(1999)

核心人力通常為組織內獨特性與價值性皆高的人力，如中高階經理或具有獨特知識、技術與能力之員工。由於核心人力所具備的技術對組織利益產生之影響較高且不易被取代，因此勞安所優先聚焦於人機協作與智慧聯網生產型態核心人力職能需求評估，並參考勞動力發展辭典對職能分析架構，將職能需求區分為：專業職能（從事特定專業工作所需具備的能力）、核心職能（符合公司文化與策略且適用於所有員工的職能）及管理職能（應用於管理工作的職能），職能需求評估流程詳如圖 5 所示。

為提升各項職能定義與分類的合理性與客觀性，協助修正各項職能定義與分類，針對智慧聯網與人機協作生產勞動力職種與職能需求變動調查，將導入智慧聯網生產後主要成長職種需求與核心職能發現歸納如表 3¹。

在導入智慧聯網與人機協作過程，需求成長持續超過 50% 的職務，包括機器人感知系統工程師、機器人機電整合工程師、智慧手持裝置嵌入式系統 / 應用軟體工程師、巨

圖 5 智慧聯網生產勞動力職能需求研究流程圖

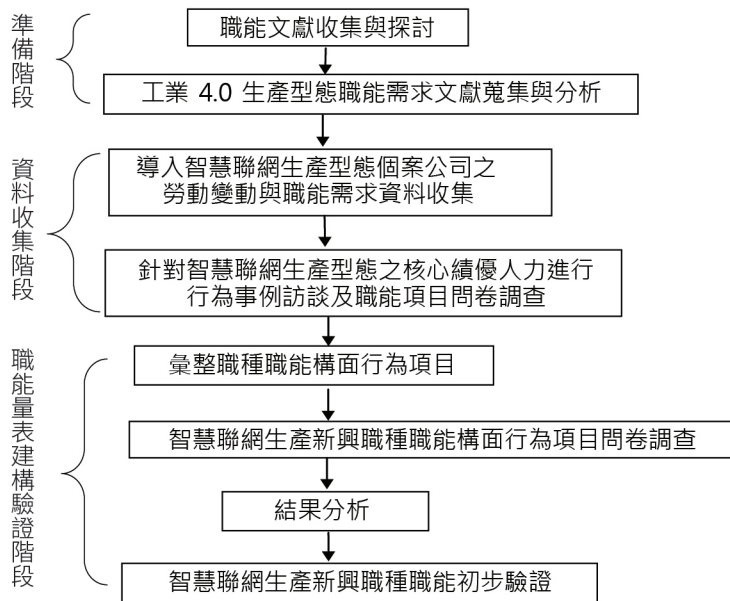


表 3 導入智慧聯網生產後持續成長之工作職務種類與核心職能項目¹

導入智慧聯網生產後持續成長之工作職務類別與核心職能		
職稱項目	職務類別	核心職能項目
機器人感知系統工程師	生產專案人員	關係建立、協商談判、問題解決、資訊蒐集、組織/規劃、自發性、彈性變通、市場敏感、成效導向、產品知識等共 10 項
智慧手持裝置嵌入式系統/應用軟體工程師	資訊科技研發人員	協商談判、問題解決、資訊蒐集、自發性、彈性變通、市場敏感、人際影響、成效導向、產品知識、產業知識、簡報技巧等共 11 項
巨量資料分析師	科學、技術、工程、數學-工程及技術人員	協商談判、問題解決、資訊蒐集、組織/規劃、彈性變通、市場敏感、產品知識、產業知識、自我挑戰等共 9 項
網站/系統設計規劃/開發人員	生產/資訊科技研發人員	整合生產研發人員及資訊科技研發人員之職能項目：組織/規劃、自我挑戰、協商談判、問題解決、資訊蒐集、自發性、彈性變通、市場敏感、人際影響、成效導向、產品知識、產業知識、簡報技巧等共 13 項
系統整合工程師	生產製造/專案人員	整合生產製造人員及生產專案人員之職能項目：關係建立、協商談判、問題解決、資訊蒐集、組織/規劃、自發性、彈性變通、市場敏感、成效導向、產品知識等共 10 項。

量資料分析師、物聯網應用工程師、網站/系統設計規劃/開發人員及系統整合工程師等職務人員，顯見智慧聯網生產型態導入後，造成企業相關職務需求大幅變動。

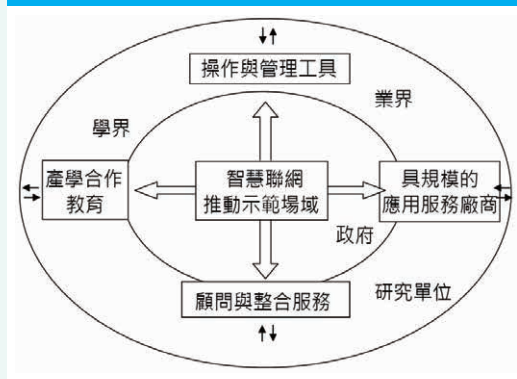
除了核心職能外，為能順利完成相關工作，亦須具備該專業工作所需之專業職能。根據製造業導入智慧聯網生產調查結果，職務需求持續成長的職業包括機器人感知系統工程師、機器人機電整合工程師、智慧手持裝置嵌入式系統/應用軟體工程師、巨量資料分析師、物聯網應用工程師、網站/系統設計規劃/開發人員及系統整合工程師等，與資通訊科技領域 (ICT) 技能密不可分。

因此，為協助企業及其從業人員專業職能得以完成工作，勞動部及經濟部等部會遂發展相關職能基準 (見第 32 頁表 4)，盼由職能基準的開發，使職業訓練課程能標準化且具一定訓練品質，以對接且符合產業的人才需求。

伍、人機協作職能發展策略與規劃

為掌握人機協作人力需求與後續發展，前述勞安所的研究也針對產業導入人機協作與智慧聯網生產之勞動力變動與職能需求與趨勢進行調查與分析，提出人機協作與智慧聯網生產概念下勞動力需求規劃，涵蓋人機協作與智慧聯網生產勞動力職能需求評估、新興職種職能評估及新興職種職能驗證。透過蒐集智慧聯網生產人工智慧與機器人的運用，及相關生產數據等，分析人機協作與智慧聯網所帶來的新型態生產模式、服務型態與勞

圖 6 發展智慧聯網與人機協作架構¹



註：修改自 Lepak & Snell(1999)

動力需求轉變，除掌握人機協作與智慧聯網生產的應用現況，並提出政府、研究機構及產學界等的整合架構，希望促進智慧聯網與人機協作的快速發展，架構詳如圖 6 所示。

在人機協作與智慧聯網生產職能需求調查方面，35 位受訪企業核心人員均強調人才在跨領域整合、彈性變通、關係建立、協商談判、人際影響、問題解決、自發性及自我挑戰等核心職能的必要性。除了專業知識外，跨領域技能與態度相關之專業職能對於人員是否能勝任智慧聯網生產型態新興職種職務至為關鍵。包括：

1. 重要知識之職能項目，包括：產品產業知識、市場敏感等。
2. 跨知識與技能之職能項目，包括：人際影響、資訊收集、簡報技巧、協商談判、問題解決、組織規劃等。
3. 跨技能與態度之職能項目，包含：關係建立、人際影響、成效導向等。
4. 態度之職能項目，包括：彈性變通、自發性、自我挑戰等。

表 4 導入智慧聯網生產後需求持續成長的工作職務及其專業職能

職稱項目	工作描述 *	專業職能 (例舉)*	發展單位
機器人感知系統工程師	依據機器人產品目的與特性，選用或研發適當的感測元件；將感測器擷取之訊號轉成可用資料後，運用高效能法則(演算法)的架構，使機器人具有環境感知能力，以協助空間定位、避障規劃、路徑規劃、人機互動等設計	人工智慧、感測處理演算法、雲端智慧管理系統、各種通訊協定、人機介面設計、高階程式語言設計知識等	經濟部
機器人機電整合工程師	參與產品或專案前期設計及規劃，並依客戶功能需求，進行機械及電控系統模組之設計、整合與測試規劃，使其符合品質安全規範，進而達成機器人系統最佳化		
通訊產業智慧手持裝置嵌入式系統軟體工程師	依據硬體產品應用設定軟體基本需求，並依標準規範分析歸納硬體、系統與介面規格，撰寫軟體程式，測試及改善與維運軟體程式、驅動及系統軟體等項工作	嵌入式系統(如 Linux 或 RTOS)核心與系統程式撰寫及開發能力、各類作業系統驅動程式的介面規格及開發知識等	經濟部
物聯網應用工程師	以產業需求的思考角度出發，熟悉物聯網系統之組成架構與雲端服務模式，提出安全及可行之物聯網解決方案，並具備有效排解問題的能力以確保系統順利運作	雲端技術與服務架構基礎、物聯網資料交換格式、無線通訊技術、雲端備援與 HA 機制等	經濟部
巨量資料分析師	依客戶或公司自訂目標，能具體執行資料加值的各項作業，協助產品建構與決策最佳化	網頁資料擷取概念、分散式儲存概念、雲端運算概念等	經濟部
網站/系統設計規劃人員	進行網路/系統之設計、開發及測試等相關工作	IT 軟硬體及安全協定與標準、執行程序間通訊的大型應用程式開發技術、資料庫管理系統等	勞動部
網站開發人員	進行網站架設、網頁程式開發與維護		

註：* 係參考勞動部勞動力發展署職能應用平臺相關職能基準

隨著分享經濟、個人化經濟、隨選(On-Demand)經濟與服務經濟四大新興經濟模式急速竄起，未來產業升級模式應著重於智慧化與服務化的生產模式。傳統產業廠商可透過數位網路與合作夥伴加強合作，提供解決方案和系統，有效擴展系統外的數位化服務及額外的客戶利益，創造新的人力需求，進一步建立新興經濟模式所需人力需求模式。為掌握工業 4.0 的進程與發展重點，企業需先有全球化競爭的危機意識，再針對自身條件做產業升級，尋求產業內協同合作及國際互助資源，以利企業轉型並依實際情況調整。我國企業因應智慧聯網生產的方式大都為導

入自動化設備或機器人，並朝關燈工廠方向推動，與德國朝開創加值型服務之規劃不同，短期內雖可達到精簡人力與降低成本的目標，但長期可能不利產業升級與人才發展。

由於已導入智慧聯網生產的企業均強調核心職能的必要，並建議教育機構、職訓單位與研究機構等，應共同發展與開辦智慧聯網及人機協作所需的各項專業課程，以加速培育專業人才及跨領域人才。因此，勞發署自 2018 年起即開發「物聯網應用工程師」、「電控設計工程師」、「機電整合應用工程師」、「行動應用程式(APP)開發」、「智

慧建築綜合佈線」及「智慧綠建築輔助設計專案人員」等課綱，供各分署依其轄區產業特性，靈活運用於所開辦的職業訓練課程，包括物聯網應用設計班、物聯網開發與行動裝置應用班、自動控制（微處理與 PLC 控制）班、機電整合班、網路管理與通信技術整合實務班、智慧電子實務應用等班。同時，亦藉由產業人才投資方案、勞工自主學習計畫等方式，整合民間訓練資源，推動辦理 AI 智能等相關職業訓練課程（如 AI 智慧系統整合應用人才就業養成班、數據分析與 AI 人工智慧應用班等）。

除了因人機協作時代來臨而新增的工作職業/職務及其職業訓練外，對於受到影響、將會減少的工作人員（如第一線生產操作人員、倉管人員等）也需要再培訓（re-skilling）。因此，勞發署亦廣泛地在機械、電機、程式設計、建築、商業設計及商業行銷等各領域的自辦職前訓練課程中，導入資通訊科技（ICT）概念課程，並透過業界講師講述科技應用與產業實務結合的案例，盼能協助參訓民眾提升共通性數位能力，有效促進產業升級與人才培育、擴大就業機會。

陸、結語

對於製造業而言，工業 4.0 最終目標不是以機器取代人力，而是以科技與網絡智慧地運用生產機械/工具，整合現有生產資源、改善生產效能。正因科技引進與運用驅動工作內容、方式及型態之改變，並使工作職業/職務受到影響。為了能在工業 4.0 時代下更有效率地展開工作，勞動人力須具備

結合作或流程的專門知識（如操作機器或更換工具）與 IT 技能（包括最基礎的表格製作、系統介面使用，到高階的系統語言編寫、運作及數據分析等）的能力⁶（Boston Consulting Group, 2016）。在工業 4.0 的時代，勢必衝擊既有工作，但同時也將創造大量跨領域、跨職能的工作機會。因此，對於個人或從業人員而言，新工作並不會以熟悉的形式出現，比起隨時有可能被淘汰的特定技能，對於學習本身的熱愛、持續學習、擴增所需技能更至關重要。

此外，政府相關部門亦應著重於科技人才培訓效能之提升、促進科技人才跨領域技能並強化勞動移動機能，掌握科技人才就業相關訊息，結合產業團體或區域工業團體之資源，協助產業調查未來發展所需人力和職能缺口，依產業需求建構相關職能基準，落實職能品質認證，建立人才培育的機制，連結研究單位、學術界及產業界，形成以衛星工廠或聚落產業共同培養關鍵人才之發展模式。

參考文獻

1. 張智奇、林懿貞，智慧聯網生產型態下勞動市場供需與青年就業促進研究，勞動及職業安全衛生研究所，2017。
2. Tim O' Reilly，未來地圖(譯)°wtf? what's the future and why it's up to us, 2017。
3. 波士頓諮詢顧問公司(Boston Consulting Group)，工業4.0時代的人機關係- 到2025年，技術將如何改變工業勞動力結構，2016。
4. 鍾文雄，AI智慧發展下，產業勞工應具備之職能，2019。
5. SEMI Taiwan，工業4.0大權，從淺到深一篇搞懂它，2019。
6. 波士頓諮詢顧問公司(Boston Consulting Group)，工業4.0時代的人機關係-到2025年，技術將如何改變工業勞動力結構？(2016.05)

讓機器幫一把 製造業大未來 人機協作營造更健全工作環境

採訪撰文/蘇晨瑜



機器效能再強大，仍比不上人類的彈性與靈活，可是在強度、效率與精準上，機器的確有人類所無法取代的優勢，兩者若能互補取其強，則更能夠提升產線的效率、降低無形的營運成本，並大幅提升作業人員的安全，營造出更為良好的職業環境。

人機協作時代來臨，過去產線為維護人員安全，大多採取「人機分工」的工作模式，這樣的製造業思維，或許會逐漸退出人們的

視野。隨著全球製造業偏向客製化與彈性生產，生產線上改採人機協同作業，讓聰敏的人類與孔武有力的機器一起攜手合作，以更有效率的方式，生產出更具人性化的服務與商品，而這種人機合作的作業模式正在帶來產業革新，讓製造業產生全新的面貌。

臺灣發展人機協作優勢

根據國際機器人聯盟 (IFR) 2019 年報告，2013 年至 2018 年間，協作機器的裝置增長

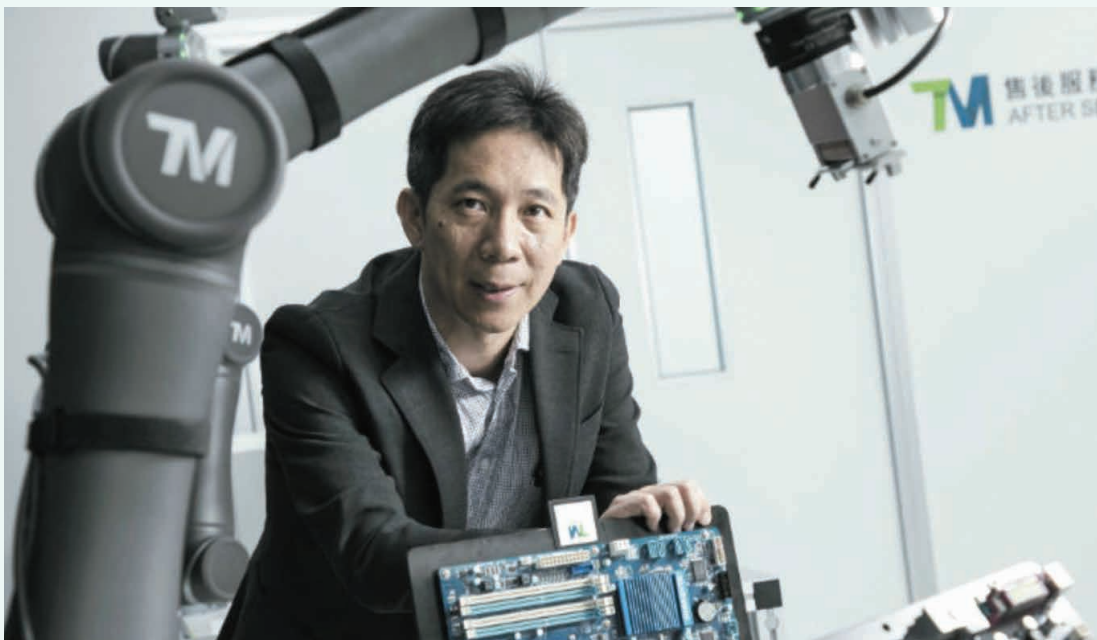
了 23%，而臺灣新安裝工業機器人數量位居全球第 6，未來因應全球「少量多樣」的客製化生產模式，可以搭配人類協同作業的機器人，勢必成為發展主流。對於企業經營主而言，導入人機協作能帶來競爭優勢，包括營運的綜效，空間的節省，產線效率的提升，效能的強化。臺灣在 IT 製造已具優勢，若能再把系統整合優化，讓人與機器的協作更加融入，或許能建置出更有效率的生產環境。同時，人機協作可以讓勞工不再去做枯燥、單調的重複性工作，只要勞工具備基本的職場安全知識，了解機器手臂的安全規範，就能在令人安心信任的職場環境下工作，讓勞方與資方雙贏。

保障勞工職場安全 提倡共同在線工作

達明機器人股份有限公司為廣達集團旗下

孫企業，創立於 2016 年，為世界協作型機器人和智慧視覺系統先驅，是唯一一家立足臺灣的協作機器人生產商，目前已躍升為全球第二大協作機器人品牌。透過於中國、歐洲、日本、南韓和東南亞等地超過百間的經銷商，提供內建視覺的協作型機器人、軟體以及應用解決方案。

為了保障勞動者職場安全，達明協作機器人研發主要強調人與機器人可共同在產線工作，無須安全圍欄，碰到人會馬上自動停止。同時，達明機器人內建智慧視覺功能，可進行條碼辨識、物件定位、色彩分類等，更能大幅提升工作效率，目前許多工廠紛紛導入自動化，期望能增加更多產能。因此，如何正確導入協作機器人於自動化生產，並符合國際安規標準，是達明協作機器人發展



達明機器人股份有限公司營運長黃識忠

重點。目前達明機器人展示人機示範產線共分為自動化組裝線與手臂出貨測試區兩大部分，分別包含 HD 自動化組裝線、外殼-HD-法蘭結合站、延伸軸高度量測站、磁編器高度量測站，以及手臂出貨前測試與水平磨合校正，透過人與協作機器人的配合，可有效防護機器壓傷、撞傷、夾傷等製程危害，並協助工廠提升生產效率。



協作型機器人加強人機互動安全

面面俱到的安全防護

智慧製造是工業領域的熱門話題，許多國家將智慧型機器人視為未來技術發展的趨勢和核心價值。然而，在製造過程中當機械設備與人互動時就可能對人產生潛在傷害。為了加強人機互動安全，及支援海外客戶的智慧生產和自動化能力，達明機器人為此特別委託德國萊因 TUV 集團 (TUV Rheinland) 對內部專業人員做進階的專業訓練，經德國萊因考核通過，發出個人資格證書，證明其技

術人員對機器人風險的管控能力與專業技能。

為避免工安問題，在設計工業機器人及系統時，必須先進行風險識別與評估，透過設計或防護措施來降低操作上的危險性。由於機器人本身設計須具備安全性，如果在設計上無法全面有效降低風險等級，應進行安全防護機制。工業機器人及系統本身屬於歐盟機械指令 (2006/42/EC) 界定的範圍，須遵守工業機器人的調和標準，包含工業機器人及機器人系統 (EN ISO 10218-1、EN ISO 10218-2) 標準與機器人協作的技術補充規範 (ISO/TS 15066)。而機器人及系統中的電氣設備，則須符合國際工業設備電氣法規 EN/IEC 60204-1 與電磁相容性指令 (2014/30/EU) 之相關規定。

從事自動化產線設計前，須進行風險評估，因應實際作業方式，主要採取作業隔離，空間隔離，行動監測 3 種設計如下：

- 一、作業隔離：在風險評估中，可能因為員工進入手臂作業區域，而導致物品掉落使員工受傷，這時會架設鐵網阻止人員進入手臂作業區域。例如：手臂抓舉托盤，托盤中有 (1 至多顆材料) 人員碰到手臂後，手臂停止動作，但是托盤中物品散落可能砸傷人。
- 二、空間隔離：人員作業與手臂作業空間不重疊，以作業區變更靠移載裝置達成，例如：使用氣壓缸作為移載裝置。
- 三、行動監測：現場仍有勞動者與機器手臂

作業區域重疊需要時，除了協作型機器人有碰觸即停功能外。在風險評估中，若仍有可能因末端器或是待組裝的物件傷害到勞動者時，則需要額外配置“安全光閘”、“安全地毯”等類似行動監測裝置。當手臂正在運作中，若勞動者入侵“安全光閘”，“安全地毯”，即可立即偵測到，並讓機器手臂的動作減速或是停止，以達到作業場域職場安全要求。



協作型機器人搭載視覺鏡頭，人機再也無隔閡

值得一提的是，達明機器人為考慮到末端器與工件可能發生勞動者傷害，特別加強安全性設計，因此所生產之協作型機器人，最大特色就是一碰觸即停的安全規範，因此無需特別考量機器手臂應保留之安全距離。更特別的是，達明機器人所生產的協作型機器手臂，都搭載了「眼睛（視覺鏡頭）」，可以讓協作型機器手臂更聰明，也會變得更簡

單操作，例如當機器手臂的「眼睛」看到異狀時，會自動控制速度。另外，為實現產線資料蒐集，廣明泰國廠也加入 AOI（自動光學辨識系統）搭配人工智慧技術，協助機器手臂在視覺上能直接進行分析，進一步把關與提升產品品質。

人機無隔閡 協作大未來

過去國際機器人大廠生產的協作型機器人程式偏於複雜且封閉，價格又昂貴，導致中小企業想要採用，但望而卻步。反觀達明機器人，其最大的優勢就是程式撰寫型態為物件導向，不懂程式的人也能快速入手。營運長黃識忠表示：「達明機器人的程式簡單且開放，可以讓機器手臂容易落地、上手，員工不用一天就可以學會操作機器手臂。」因為達明機器人針對智慧工廠與工業 4.0 所開發的 TMmanager 軟體，可以很容易地整合機器手臂與製程設備，不再一定需要專業的技术背景工程師，而是一般的產線人員透過學習即可輕鬆操作。

此外，達明機器人每年至少培訓 1,000 位來自海內外的自動化產業工程師，近兩年自動化導入需求飆升帶動機器人培訓課程，更完成 2,500 位的訓練課程。受到疫情及全球經濟局勢影響，產業供應鏈重組，國內廠商回流效應湧現，為因應新增及擴建產能需求，黃識忠表示達明機器人與代理商進行自動化合作，已於去(2020)年 9 月正式成立南部訓練中心，專門服務南部科學園區的半導體、面板產業等，也提供來自中部科學園

區廠商受訓的新選擇，第一時間提供中南部客戶的專業自動化培訓，預計每月可滿足 80 間客戶的自動化培訓需求。



原見精機股份有限公司董事長蘇瑞堯

人機協作成主流大趨勢

長年研究機器人的原見精機股份有限公司董事長蘇瑞堯指出，在可預見的未來，製造業導入人機協作的趨勢將會越來越普及。「我們看到的大趨勢是，製造業會越來越趨近高等的自動化，因為機器人的自由度高，可擔任人類的另一個幫手，在機器人蓬勃發展的前提下，勢必會出現一個人跟機器協作交接的區域。」

2017 年成立的原見精機，是由工研院獨立出來的研發新創團隊。該團隊從 2009 年便開始著手研發觸覺感測器，並在 2015 年發表可用於工業机器人的安全皮膚 (T-Skin)，首度讓機器人擁有視覺、聽覺以外的「觸覺」，可幫助系統整合業者催生出符合產業安全法規的生產環境，建置更為靈活、彈性

與經濟的人機協作解決方案。

「過去機器人是不能允許被碰觸的，會採取隔離的方式來對待機器人。」蘇瑞堯直言，傳統上因機器設備強勁有力，容易對人員造成職業傷害，為了避免意外發生，常在機器四周放置安全柵欄，將人與機器隔離。隨著機器裝置變聰明與性能更成熟，人類不可避免開始與機器發生更多互動。

2015 年後，機器人產業開始推動人機協同作業，讓人與機器手臂或是機器人相互配合。「對製造業來說，其優勢是機器可發揮其擅長的精確度、力量與重複執行的能力，人類在重複性上可能不夠好，但能發揮調整與適應的能力，也就是人與機器人在產線上可以互補，增加產線的彈性與活力。」蘇瑞堯說。

枯燥、危險的交給機器來做

蘇瑞堯舉例，在產線上相當重要的一站是品管的「貼標籤」。看似簡單的貼標籤動作，若採用機器手臂來執行，會因電路板的公差、彈性等因素而貼不好，對貼標籤的人來說，把標籤搬運過來則是個苦差事，「所以人機協作可以調整作業方式，讓機器人去搬標籤，讓人類來貼標籤，如此產線效率增加了，勞工也輕鬆。」以原見精機協助導入的產線經驗來說，採用人機協作不管是轉換時間或是投入設備的營運成本，都比使用傳統機器人來得更為精省，「降低了場域的投入成本，獲得更大的投入效應。」



安全皮膚拉近機器跟人之間的距離

人機協作維持「人」的勞動參與

針對人機協作帶來工作型態上的改變，安規要求與人力培訓等挑戰，尤其勞動型態是否會受到衝擊，被機器人取而代之而失業等等，蘇瑞堯則是樂觀看待認為，人機協作是讓員工角色轉換成機器的「調整者或訓練者」，如果企業轉型成無人智慧工廠或是所謂的關燈工廠，才可能發生勞工失業問題，他表示：「大部分的企業都不可能是無人工廠，只有類似紅色供應鏈的大規模生產，才有可能從頭到尾無人生產。」而這類的供應鏈只能生產低價商品，且產線規格必須固定，一但要更換產品或生產規格，就會勞師動眾。

蘇瑞堯進一步指出，真正的製造業本質上離不開人，舉例來說，無人商店還是要有人去補貨，他指出：「以我們使用的現場來看，反而是人多了幫手去做許多事。本來以前員工要彎腰做，要出力做，現在都會有個機器人幫手來幫他做。」

安全皮膚讓機器有觸覺

為了營造安全可靠的人機協作環境，如何降低機器碰觸人員而發生工安意外，是系統經營者要面臨的挑戰，原見精機取得專利的安全皮膚或許是可能的解決方案之一。把安全皮膚安裝在機器手臂以後，藉由觸覺感測技術，一有人員靠近機器，手臂就會自動降速，發生碰撞則會立即停止，工作人員一但知道機器會停下，下一個反應就是去戳它，開始跟它玩，不再擔心被機器傷到，無形中

拉近機器跟人之間的距離。蘇瑞堯分享安裝安全皮膚時的心得：「這對於勞工的心理安全也會有正面的影響。」

目前國際在 ISO 認證方面，對於人機協作的場域情境已經有更明確的規範，不只規範產品的功能安全，更規範了整個應用場域，從機器如何降低風險，怎麼完成風險評估，都有明確的安全規範。日本推行的 safty2.0 認證也遵循 ISO 的標準來實施。蘇瑞堯說明：「在協作安全意識升級方面，可以看到全世界的安全規範趨於一致。」好處是業者不需再自行摸索，只需參照認證流程，做好風險評估，完成勞動部規定的 7 個安全評估報告文件，就可直接實施協同作業。

面對工業 4.0 時代來臨，除了軟硬體及整體製造思維的革新外，自動化人才的培育更是現階段迫切的需求，人才如何運用智慧製造提升最大化效益，也是帶領產業成功轉型的重要關鍵。期盼未來創新科技，能破除人與機器的隔閡，利用人與機器各自的優勢與長處，更緊密的協同合作，創造人機無隔閡，協作大未來的未來願景。